

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-288096

(43)Date of publication of application : 01.11.1996

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
 C23C 16/50
 C23F 4/00
 H01L 21/3065
 // C23C 14/35

(21)Application number : 07-340682

(22)Date of filing : 27.12.1995

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72)Inventor : TAKI MASAKAZU
 ODERA HIROKI
 OMORI TATSUO

(30)Priority

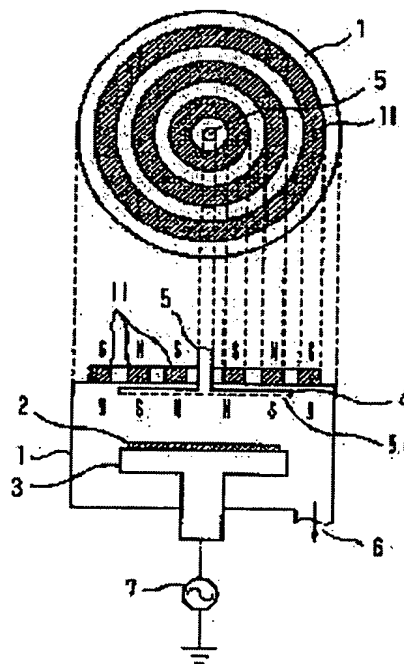
Priority number : 07 24050 Priority date : 13.02.1995 Priority country : JP

(54) PLASMA TREATMENT DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a plasma treatment device, which can form the even plasma over a large area and which can evenly treat the sample at a large diameter.

CONSTITUTION: Plural ring-shaped permanent magnets 11, which have the same polarity in the circumferential direction, are concentrically arranged in the atmospheric side of a second electrode 4 arranged opposite to a first electrode 3 to be loaded with a material 2 to be treated. These permanent magnets 11 are arranged so that the magnets 11, which are arranged adjacent to each other in the radial direction, have the polarity opposite to each other.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.09.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-288096

(43)公開日 平成8年(1996)11月1日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 H 1/46		9216-2G	H 0 5 H 1/46	M
C 2 3 C 16/50			C 2 3 C 16/50	
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	G
H 0 1 L 21/3065			C 2 3 C 14/35	Z
// C 2 3 C 14/35			H 0 1 L 21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁)				

(21)出願番号 特願平7-340682

(22)出願日 平成7年(1995)12月27日

(31)優先権主張番号 特願平7-24050

(32)優先日 平7(1995)2月13日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 滝 正和

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 大寺 廣樹

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 大森 達夫

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

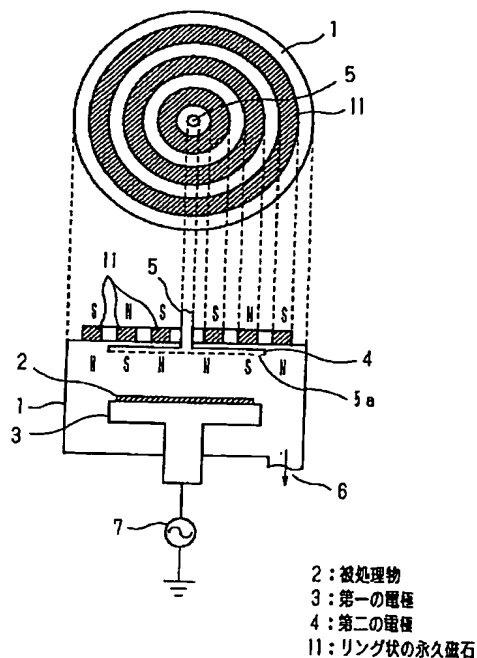
(74)代理人 弁理士 宮田 金雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】 大面積にわたって均一なプラズマを形成でき、大口径の試料を均一に処理できるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】 被処理物2が載置される第一の電極3に対向配置された第二の電極4の大気側に周方向に同一の極性を有するリング状の永久磁石11を同心円状に複数配置する。径方向に隣合う磁石11の極性が逆になるように配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理物が載置される第一の電極、この第一の電極に対向配置された第二の電極、及びこの第二の電極の上記第一の電極と対向する面の背面側に配設された磁石を備えたプラズマ処理装置において、上記磁石を周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 磁石が作る磁場強度は、第二の電極近傍における最大値が100 Gauss以上で、第一の電極近傍では20 Gauss以下であることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 リング状の磁石の中心部に磁石を配設したことを特徴とする請求項1または2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 リング状の磁石の中心部に配設した磁石の表面磁場強度が上記リング状の磁石の表面磁場強度より大きいことを特徴とする請求項3記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 対向配置される第一、第二電極間で、上記両電極を包囲する外周部に、最外側に位置するリング状の磁石と隣合う極が、上記最外側のリング状磁石の極性と同じになるように磁石を配設したことを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 プラズマを生成するプラズマ発生室と、このプラズマ発生室と複数の孔が開けられた隔壁板で仕切られ、被処理物が配置される処理室とを備えたプラズマ処理装置において、プラズマの生成を高周波電力と磁石の磁場により行うようにしたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】 プラズマ発生室に隔壁板に対向して配置された電極に高周波電力を印加し、磁石を上記電極の背面側に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したことを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理装置。

【請求項8】 隔壁板に対向配置された電極に第一の高周波電力を、上記隔壁板に第二の高周波電力を印加するようにしたことを特徴とする請求項7記載のプラズマ処理装置。

【請求項9】 隔壁板に高周波電力を印加し、磁石をプラズマ発生室の上記隔壁板と対向する位置に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したことを特徴とする請求項6記載のプラズマ処理装置。

【請求項10】 プラズマ発生室へのガス供給をパルス的に行うようにしたことを特徴とする請求項6ないし9のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【請求項11】 被処理物が載置されるステージに高周波電力を印加するようにしたことを特徴とする請求項6

ないし10のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明はプラズマを利用して試料の表面に薄膜を形成したり、試料の表面をエッチングするプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図15(a)は例えば特開平2-9452号公報に記載された従来のプラズマ処理装置を示す概略断面構成図である。図において、1は被エッチング試料2が載置された第一の電極3、及びこの電極に対向配置された第二の電極4を備えた真空容器である。真空容器1内にはガス導入口5からエッチングガスが導入され、排気口6から排気される。第一の電極3にはマッティング回路8を介して高周波電源7が接続されている。また、第二の電極4の大気側には永久磁石9が配置されている。10は冷却機構、Eは電界、Bは磁石9により誘起される磁界の第一の電極3に平行な成分である。

【0003】 次に動作について説明する。ガス導入管からプラズマ室の真空容器1にエッチングガスを導入すると、第一の電極3に印加された高周波電力により、第一の電極3と第二の電極4間にプラズマが生成される。この図15(a)の装置はマグネトロン放電により低圧力でも高い電子密度を得ることを狙ったもので、第一の電極3表面の磁束密度が200 G程度になるように設定されている。このとき、シース領域（プラズマが第一の電極3に接するところ）では、荷電粒子（電子とイオン）はシース電場と磁場の影響でサイクロイド運動をしながらE×Bの方向にドリフトしていく。この結果、電子と中性粒子（原子、分子）との衝突確率が増加し、電離が促進されるため低圧力でも高密度のプラズマが生成され、高いエッチング速度が得られる。また、この場合、永久磁石9による磁界により、プラズマの損失が低減されるので高密度プラズマが維持され、試料2がエッチングされる。

【0004】 一方、近年の8インチ、10インチサイズの大口径試料を処理するには、大面積に均一なプラズマを生成する必要がある。しかし、従来例として示した図15(a)の装置構成、永久磁石単体の配置では、第二の電極4表面での横（電極間に平行）方向の磁束密度は、図15(b)の説明図に示すように中心が小さく外に向かって一様に増大する不均一なものとなり、試料近傍に均一な強度の磁界を形成することが難しい。そのためプラズマの拡散による均一化作用があるものの均一なプラズマを生成することが困難であった。なお、図15(b)は直径200 mm高さが50 mmで表面磁束密度が3 kGで全て一様な永久磁石を配設した場合の、磁石から35 mm離れた第二の電極4表面での横方向の磁場分布を示すグラフである。縦軸は横方向の磁場強度：B_⊥(G)、横軸は中心からの距離：r(mm)を表している。また、第一の電

極3上に置かれた試料表面の磁場分布も不均一となる。荷電粒子の運動は磁場分布に大きく影響されるため、磁場分布の不均一を反映して試料表面に入射する荷電粒子のフラックスも不均一となる。この結果、試料表面の電荷密度に分布が現れ、加工したデバイスに損傷を与えるという問題点があった。複数の永久磁石を使用しても隣合う磁石の極性が同じになるように配置した場合は、磁場分布は上記のような単一の磁石を配設した場合と同様に不均一になるため、プラズマの拡散による均一化作用を斟酌しても、プラズマの均一性は不十分であった。

【0005】さらに、特開平2-9452号公報には図16(a)の概略断面構成図に示すように棒状の永久磁石を複数個、隣合う磁石の極性を逆にして配置することが開示されている。極性を交互に変化させた場合、第二の電極4表面での横方向磁束密度 B_{\perp} の径方向分布は図16(b)の説明図に示すように波形になる。この図からわかるように B_{\perp} は径方向に均一ではないが、ピーク的位置は磁石間隔等を変更することによって制御できる。この磁場配位でプラズマを生成すると、磁場の弱い部分へも拡散によってプラズマが広がるため均一化することができ、磁場のない場合に比べて損失が低減できるため、高密度で均一なプラズマができる。しかしながら、例えば図16(a)に示すように棒状の永久磁石を複数個平行配置した場合、 B_1 、 B_2 の磁界が形成される。そのため、試料近傍の(A)の領域では、電界Eと磁界 B_1 による $E \times B$ ドリフトにより紙面を貫く方向に、(B)の領域では電界Eと磁界 B_2 により、逆の方向にプラズマがドリフトして遍在することになる。また、第二の電極4表面のシース部での荷電粒子の動きを考えると、図17の説明図に示すように $E \times B$ ドリフトによって隣合う磁石間毎にドリフト方向(矢印で示す)が異なり、ドリフト方向にプラズマ密度の高い部分ができたために、斜線部で表される場所が高密度となる。このように、平行配置ではプラズマ密度に不均一が生じ易く、従ってエッチング速度の均一性も悪くなる。このことは平行配置の根本的な問題点である。

【0006】図18は例えば特開昭51-88182号公報に記載されたプラズマ発生室と処理室が別になった従来のプラズマ処理装置を示す概略構成図である。図において、21は処理室で、この処理室21は主バルブ31を介して拡散ポンプ32と補助の回転ポンプ33により真空排気される。処理室21の上方にはプラズマ発生室22が設けられている。プラズマ発生室22には対向電極18、19が設置されており、処理室21との間は複数個の孔20を有する対向電極19を隔壁として分離されている。ガス導入管15には原料ガスボンベ34が接続されている。

【0007】次に動作について説明する。ガス導入管15からプラズマ発生室22にエッチングガスを導入すると、ガスはプラズマ発生室22から処理室21を通過

真空ポンプにより排気される。この時プラズマ発生室22と処理室21との間に設けられた孔20のコンダクタンスにより、プラズマ発生室22と処理室21に圧力差が生じる。従来例に示されている具体的数値によれば、孔の直径0.1~0.8mm、孔数7個、排気系の実効排気速度1000L/sec、原料ガス流量50~100cc/minの条件で、プラズマ発生室の圧力が $1 \sim 5 \times 10^{-1}$ Torrで、処理室圧力が 1×10^{-3} Torr以下に保たれる。次に対向電極18、19に高周波電源17より高周波電力を供給すると、プラズマ発生室22内にプラズマが発生する。プラズマは孔20を通過して処理室21内に設置されたテーブル26に載置される試料2をエッチングする。このように構成されたプラズマ処理装置においては、平行平板高周波放電によりプラズマ発生室22で生成されるプラズマ密度はせいぜい 5×10^8 (個/cm³)から 5×10^9 (個/cm³)であった。一方、試料2の処理速度は試料に入射するプラズマ密度にある程度比例する。そのため、生成されるプラズマ密度に限りがあると、高密度プラズマを処理室21に導くことができず、高速で試料を処理することが不可能であった。また、平行平板型の高周波放電が維持されるプラズマ発生室22の圧力は0.1Torr程度であるので、より高真空の雰囲気中で試料の処理ができないという問題点があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来のプラズマ処理装置は以上のように構成されており、例えば図15のように単一の磁石を配設した場合は磁束密度は中心から外方に一様に増加し、均一な磁場分布を形成することができないため、プラズマ密度に不均一が生じる。また、図16のように複数の磁石を極性を交互に変化させ平行に配設した場合は、隣合う磁石間毎にドリフト方向が異なり、ドリフト方向にプラズマ密度の高い部分ができ、プラズマ密度に不均一が生じる。そのため、大面積の試料を均一にエッチングできないという問題点があった。また、図18のように構成されたプラズマ発生室と処理室が分離されたプラズマ処理装置においては、プラズマ発生室で生成されるプラズマ密度が低く、処理室に高密度プラズマを導くことができず、高速で処理ができない。また、プラズマ密度を高めようすると高真空の雰囲気中で試料の処理ができないという問題点があった。

【0009】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、大面積にわたって均一なプラズマを形成でき、大口径の試料を均一に処理できるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。また、プラズマ発生室で生成されるプラズマ密度を高め、高真空雰囲気中で高速処理ができるプラズマ処理装置を提供することを第2の目的とするものである。さらに、大面積にわたって均一で高密度なプラズマを生成し、高真空雰囲気中で大口径試料の均一高速処理ができるプラズマ処理装置を提供することを第3の目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明のプラズマ処理装置の第1の構成は、被処理物が載置される第一の電極、この第一の電極に対向配置された第二の電極、及びこの第二の電極の上記第一の電極と対向する面の背面側に配設された磁石を備え、上記磁石を周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したものである。

【0011】第2の構成は第1の構成において、磁石が作る磁場強度を、第二の電極近傍における最大値が100 Gauss以上で、第一の電極近傍では20 Gauss以下となるようにしたものである。

【0012】第3の構成は第1または第2の構成において、リング状の磁石の中心部に磁石を配設したものである。

【0013】第4の構成は第2の構成において、リング状の磁石の中心部に配設した磁石の表面磁場強度を上記リング状の磁石の表面磁場強度より大きくしたものである。

【0014】第5の構成は第1ないし第4の構成のいずれかにおいて、対向配置される第一、第二電極間で、上記両電極を包囲する外周部に、最外側に位置するリング状の磁石と隣合う極が、上記最外側のリング状磁石の極性と同じになるように磁石を配設したものである。

【0015】また、第6の構成は、プラズマを生成するプラズマ発生室と、このプラズマ発生室と複数の孔が開けられた隔壁板で仕切られ、被処理物が配置される処理室とを備え、プラズマの生成を高周波電力と磁石の磁場により行うようにしたものである。

【0016】第7の構成は第6の構成において、プラズマ発生室に隔壁板に対向して配置された電極に高周波電力を印加し、磁石を上記電極の背面側に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したものである。

【0017】第8の構成は第7の構成において、隔壁板に対向配置された電極に第一の高周波電力を、上記隔壁板に第二の高周波電力を印加するようにしたものである。

【0018】第9の構成は第6の構成において、隔壁板に高周波電力を印加し、磁石をプラズマ発生室の上記隔壁板と対向する位置に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したものである。

【0019】第10の構成は第6ないし第9の構成のいずれかにおいて、プラズマ発生室へのガス供給をパルス的に行うようにしたものである。

【0020】第11の構成は第6ないし第10の構成のいずれかにおいて、被処理物が載置されるステージに高周波電力を印加するようにしたものである。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明のプラズマ処理装置の実施の形態を、エッチング装置を例に図に基づいて説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1のプラズマエッチング装置の概略構成を上面図とともに示す断面構成図である。1は処理室であり、被処理物であるエッチング試料2を載置した第一の電極3と、第二の電極4が設置されている。第二の電極4には、エッチングガス導入口5から導入されたガスを電極間に供給するガス穴5aが設けられている。6はガス排気口である。また、第二の電極4は処理室1に接続され、アース電位になっている。第一の電極3は処理室1とは電気的に絶縁され、高周波電源7が接続されている。第二の電極4の大気側にはリング状の永久磁石11が複数個、この場合3個、同心円状に配置されている。そして永久磁石11は試料の中心に相対する位置に同心があり、各々円周方向に同一の極性と表面磁場強度を有している。また、磁石の極性は図に示す上下方向に設定され、隣合う極性は逆に配置される。永久磁石11は、SmCo系あるいはNd系のものが使用され、割れや腐食を防止するためニッケルメッキを施したり、樹脂モールドしたものが用いられる。また、放電による熱により磁石の特性が変化することを防止するため、磁石は冷却して設置するのが望ましい。

【0022】さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、ガス導入口5からエッチングガスを導入すると、ガス穴5aからガスが導入され、図示しない排気ポンプにより排気される。この時、第一の電極3に高周波電源7から高周波電力を印加すると、第二の電極4間とにプラズマが発生する。そして、従来例と同様に3個のリング状永久磁石11が形成する磁場により、プラズマの損失が低減され高密度プラズマが維持される。また、試料2近傍では、試料2近傍に形成される電界と磁場によるE×Bドリフトが生じるが、リング状の永久磁石11を同心円状に、隣合う極性が逆になるよう配設しているので、従来のようなプラズマの偏在は生じない。即ち、リング状の永久磁石11を同心円状に配置しているので、試料近傍に形成される磁場の内、試料の口径に相対する円周方向の磁場成分がなくなり、周方向に対しては磁場が均一となり、周方向にプラズマが均一になる。荷電粒子はドリフトするが、円周方向にドリフトするため、同じ円周上ではプラズマ密度が均一となる。プラズマの拡散作用によりプラズマが均一化される。また、リング状の永久磁石11を径方向に隣合う極性が逆になるように配置しているので、径方向の磁場分布が波型となり、プラズマの拡散作用によりプラズマが均一化される。よって大面積にわたり均一なプラズマが生成され、均一なエッチングが行われる。なお、波型となる径方向磁場分布は、リング状の永久磁石11の表面磁場強度、配置（間隔）等により、磁場分布の波のピークの高

さや、位置を制御できる。即ち、径方向の磁場強度の差は磁石の選択、配置等により制御でき、その差をできるだけ小さくすることにより、プラズマがより均一化できる。均一な大口径プラズマを生成することが可能となる。磁石配置等を適性化することにより、例えば試料を駆動する駆動機構等を設けずとも、簡単な装置構成により、ウエハの大口径化にも対応できる。

【0023】次に、この実施の形態のエッチング装置を用いて、半導体製造におけるA1配線のエッチングを行った例について説明する。試料2は6インチの大きさ、リング状の永久磁石11の表面磁場強度は3000 Gauss、リング状の永久磁石11の各々の間隔は50mm、リング状の永久磁石11から第一の電極4までの距離は40mm、第一の電極3と、第二の電極4間隔は80mmに設定した。エッチングガスとしてC1₂/BCl₃混合ガスを用い、処理室1の圧力を50mTorrに設定してエッチングを行うと、A1のエッチング速度1000nm/min、エッチング速度の均一性(試料全体のエッチング速度に対しての各部分でのずれ、ばらつき)5%が得られた。

【0024】また、上記の装置構成と、リング状の永久磁石11の表面磁場強度、配置にした場合、第二の電極4付近では最大値が100 Gauss以上、第一の電極3付近では20 Gauss以下の磁場強度が形成される。そのため、第二の電極4付近では、高磁場によりプラズマの損失を低減できるので高密度プラズマが維持される。加えて、試料2付近は低磁場になるので、エッチングダメージが少ない高品質の処理が可能となる。図2のA1のエッチング速度と横方向磁場B_⊥との関係を示す特性図に示すようにエッチング速度は横方向磁場(電極面に平行な成分)B_⊥の一次関数の形にあわすことができる。これは横方向磁場が大きくなると、電極へ向かうプラズマの拡散が抑えられるため、電子密度が上昇し、試料(ウエハ)へのイオンの入射量が増大するためと考えられる。上述のようにエッチング速度を大きくするためにはB_⊥を大きくする必要がある。例えば実用的なエッチング速度である500nm/minを達成するためにA1ではB_⊥100G以上が必要と考えられる。図2において、縦軸はA1のエッチング速度(nm/min)、横軸は磁場強度(G)である。特性曲線(a)は電極間距離が37mmの場合、特性曲線(b)は電極間距離が57mmの場合のA1のエッチング速度のB_⊥依存性を示す。ところが、ウエハ表面付近に強い磁場があると電子やイオンのような荷電粒子は磁場に影響された運動をするため局所的なチャージアップ現象などが起こり、エッチング時にダメージを発生することが知られている。そこで、第一の電極3付近では低磁場にし、実用的に問題がない20 Gauss以下まで磁場強度を下げて、エッチングダメージの発生を防止し、高品質の処理を可能とし、試料に形成されたデバイスに対する損傷を防止している。また、永久磁石に

よって磁場を発生しているため、ウエハ上で均一な磁場を形成するのが困難であり、必然的に不均一な磁場分布が生じ、磁場強度が大きいとエッチング速度分布に磁場分布を反映したパターンが現れてしまう。ところが、20G以下と弱い磁場としているため、そのような問題が生じることもない。

【0025】図3はこの発明の実施の形態1の他の例のプラズマエッチング装置の概略構成を上面図とともに示す断面構成図である。12は直方体の永久磁石であり、上記実施の形態1に示したリング状の永久磁石11にかえて、第二の電極4の大気側に複数個リング状に配置したものを複数個同心円状に配列している。この場合、永久磁石は、エッチング装置の大きさに合わせて特別に製作する必要はなく、直方体あるいは円柱で、規格品の安価な磁石を複数個並べるだけでよい。簡便であり、設計(仕様)変更等にも速やかに対応できる。

【0026】さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、直方体の永久磁石12を複数個リング状に配置したものを複数同心円状に配列しているため、試料近傍に形成される磁場の内、試料の口径に相対する円周方向の磁場成分がほとんどなくなる。従って実施の形態1に記載したと同様に、プラズマの温在が少くない均一なプラズマが生成され、ほぼ実施の形態1と同等のエッチング結果が得られる。なお、磁石の極性は図に示した上下方向に限定するものではなく左右方向でもよい。

【0027】実施の形態2。図4はこの発明の実施の形態2のプラズマエッチング装置の概略構成を上面図とともに示す断面構成図である。実施の形態1と同様に、第二の電極4の大気側にリング状の永久磁石11が複数個、この場合3個、同心円状に配置されており、永久磁石11は試料の中心に相対する位置に同心があり、各々円周方向に同一の極性と表面磁場強度を有している。また、磁石の極性は図に示す上下方向に設定され、隣合う極性は逆になるよう配置されている。この実施の形態ではさらにリング状の永久磁石11の中心に円柱の中心部永久磁石13が配設されている。そのためガス導入口5は中心からずらして設けられている。

【0028】さて、上記のように構成されたこの実施の形態のエッチング装置においても、実施の形態1と同様の方法によりエッチングが行われる。この実施の形態の場合、リング状の永久磁石11の中心に設置された円柱の中心部永久磁石13により、中心付近の磁場強度(磁場の電極に平行な成分)が増強されるので径方向の磁場強度がより均一になる。図5はこの実施の形態2のエッチング装置における第二の電極4表面での磁場強度の径方向分布を磁石配置と対応させて実施の形態1の場合とともに示した説明図である。リング状の永久磁石11は表面磁場強度が3000 Gaussのものを図のように配置したものをを用い測定した。縦軸は第二の電極表面での横方向磁場強度B_⊥(G)、横軸は中心からの距離r(mm)で

あり、特性曲線(a)は実施の形態1の中心部永久磁石13がない場合の磁場分布を、(b)はリング状の永久磁石11と同じ表面磁場強度3000ガウスを持つ円柱の中心部永久磁石13を設置した場合の磁場分布を表す。中心付近で磁場強度が増強され分布が均一化されている。よって、大面積にわたり均一なプラズマが生成され、均一なエッチングが行われる。

【0029】また、特性曲線(c)は中心部永久磁石13の表面磁場強度を、リング状の永久磁石11の表面磁場強度よりも大きい5000ガウスとした場合の磁場分布を、特性曲線(d)は中心部永久磁石13の表面磁場強度を7500ガウスとした場合の磁場分布を表す。中心部永久磁石13の表面磁場強度をリング状の永久磁石11の表面磁場強度よりも大きくした場合、同じ表面磁場強度を持つ場合の磁場分布に比べ、より中心付近の磁場強度が増強された、径方向に均一な磁場が形成される。その結果、より均一なプラズマが生成され、均一なエッチ

*ングが行われる。

【0030】中心部磁石13とリング状(同心円状)磁石11を40~50mm離して配置し、磁石を配置した面と第二の電極4表面の間隔を30~50mm離して、第二の電極4表面の磁束密度を100~150G程度得ようとする、磁石の表面磁束密度としては2~3kGが必要となる。このとき、上記のような位置関係で、第二の電極4表面の中心に近い位置に100~150G以上のピークができるようにするためには中心部磁石として表面磁束密度4~5kG程度のものが必要である。なお、現在、容易に入手可能な永久磁石の表面磁束密度の最大値は5~6kG程度である。

【0031】表1にこの発明の実施の形態の磁石配置(永久磁石の表面磁場強度と中心からの距離)とエッチング特性の関係を示す。

【0032】

【表1】

磁 石 配 置				A1エッチング速度 (A/min)	均一性 (%)
中心 磁石	リング状永久磁石				
	①	②	③		
—	1 kG 25mm	1 kG 75mm	1 kG 125mm	4423	50.6
—	3 kG 25mm	3 kG 100mm		5522	39.4
5 kG	3 kG 57.5mm			6331	12.9

【0033】実施の形態3。図6はこの発明の実施の形態3のプラズマエッチング装置の概略構成を上面図とともに示す断面構成図である。11は実施の形態1に示したリング状の永久磁石である。14は第一、第二電極間に相当する処理室1の周壁に設けられた棒状の永久磁石、周壁部磁石であり、壁の回りに12個設置されている。さて、上記のように構成されたエッチング装置においても、実施の形態1と同様の方法によりエッチングが行われる。この実施の形態3の場合、電極間で生成されるプラズマは、処理室1の壁周囲に配置した、周壁部磁石14の磁場により、壁方向への損失が低減される。そのため高密度のプラズマが電極間の大部分に均一に生成され、均一なエッチングが行われる。なお、この実施の形態では周壁部磁石14の極性を上下方向に設置し、図に示すように、上記リング状の永久磁石11の最外部に設置された磁石に隣接する棒状の周壁部磁石14の極性を、リング状の永久磁石11の最外部に設置された磁石の極性と同じにしており、さらにプラズマ密度の均一性が向上するので、均一なエッチングが可能となる。また、棒状の周壁部磁石14は、図7の同断面構成図に示すように左右方向に極性をもつ磁石であってもよく、同様にプラズマの壁方向への損失を低減でき、高密度のプ

ラズマが均一に生成され、均一なエッチングが行える。

【0034】図8は中心部永久磁石13、リング状の永久磁石11、周壁部磁石14を配設したエッチング装置における磁場強度の径方向分布を磁石配置と対応させて示した説明図である。縦軸は横方向磁場強度 B_{\perp} (G)、横軸は中心からの距離 r (mm)であり、特性曲線(a)は第二の電極表面での磁場分布、特性曲線(b)は第一の電極表面での磁場分布を示す。

【0035】実施の形態4。図9はこの発明の実施の形態4のプラズマエッチング装置の概略構成を上面図とともに示す断面構成図である。7aは第二の電極4に接続された第二の高周波電源である。ここでは第一の電極3に接続された第一の高周波電源7と同一仕様のものが用いられる。また、第二の電極4は処理室1とは電気的に絶縁されている。さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、実施の形態1と同様の方法によりエッチングが行われる。その場合、第二の電極4に高周波電力を供給すると、第二の電極4付近の電界と磁場による $E \times B$ ドリフトにより、電離が促進される。その結果高密度プラズマが形成され、試料の処理速度が向上する。

【0036】さらに、この実施の形態4の他の例につい

て説明する。この例では、第二の電極4に接続された第二の高周波電源7aの高周波の周波数を例えば13.56MHzとし、また第一の電極3に接続された第一の高周波電源7の、高周波の周波数を可変可能として、例えば400kHzから2MHzに設定している。そして、第一の電極3と第二の電極4に異なる高周波電力を供給するようにしている。

【0037】さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、実施の形態1と同様の方法によりエッチングが行われるが、この場合は、電極間には次のようなプラズマが形成される。即ち、第二の電極4付近では、13.56MHzの高周波電力が供給されるので、第二の電極4付近の電界と磁場による $E \times B$ ドリフトにより、電離が促進される。その結果高密度プラズマが生成される。一方、第一の電極3には高周波周波数が可変できる第一の高周波電源7が接続されているので、試料の材質、形状等に対応させて周波数を変化させ、エッチングに最適なプラズマ特性を得ることが出来る。例えば、周波数を変化させることにより、エッチング特性を決定する要因の一つである、試料に入射するイオンエネルギーを制御できる。その結果、高速で制御性の良いエッチングが可能となる。さらに、第二の高周波電源7aも可変にすると、上記イオンエネルギーの他、電子密度、電子温度などをより広範囲に制御することができる。

【0038】実施の形態5。図10はこの発明の実施の形態5のプラズマドライエッチング装置の概略構成を示す断面構成図である。21は処理室であり、試料2を載置したステージ26が設置されている。22はプラズマ発生室であり、エッチングガスはガス導入管15からプラズマ発生室22に供給される。23はプラズマ発生室22と処理室21との間に設けられた、孔24を有する隔壁板である。16は排気口であり、図示しない真空ポンプにより処理室21を真空排気する。処理室21はプラズマ発生室22より高真空に保たれる。25はプラズマ発生室22の隔壁板23と対向する位置に設置された電極であり、高周波電源27より高周波電力が供給される。11は電極25の大気側に設置されたリング状の永久磁石である。28は電極25をプラズマ発生室22壁から高周波的に絶縁する支持部であり、プラズマ発生室22壁および電極25とは真空封止されている。

【0039】さて、上記のように構成されたドライエッチング装置においては、プラズマ発生室22に導入されたエッチングガスは、隔壁板23の孔24から処理室21を経て、排気口5より排気される。この時プラズマ発生室22の電極25に高周波電力が印加されると、電極25近傍に配置した永久磁石11がつくる磁界と電界による $E \times B$ ドリフトにより電離が促進され高密度プラズマが生成される。プラズマ発生室22で生成されたプラズマは隔壁板23の孔24から処理室21に輸送され、

ステージ26に載置された試料2をエッチングする。以下、大口径の試料に対応したエッチングを行う場合について、その装置構成を具体的な数値を用いて説明する。プラズマ発生室22の電極25の大気側には、実施の形態1の図1に示すように、リング状の永久磁石11を3個同心円状に配置した。これにより、電極25近傍では、電極25近傍に形成される電界と磁場による $E \times B$ ドリフトが生じるが、プラズマの遍在は生じない。なぜならば永久磁石をリング状に配置しているため、電極25近傍に形成される磁場の内、電極25の円周方向の磁場成分が零のためである。よって大面積に均一なプラズマ生成が可能となる。次に、リング状の永久磁石11の表面磁場強度を3000ガウス、リング状の永久磁石11の各々の間隔を50mm、リング状の永久磁石11から電極25までの距離を40mm、電極25と隔壁板23間の距離を80mmに設定する。また、プラズマ発生室22の体積は10リットル、処理室21の体積は50リットル、実効真空排気速度は1000リットル/秒、隔壁板23の孔24の総面積は約7.0cm²に構成する。エッチングガスとしてC₁₂ガスを用い、プラズマ発生室の圧力を5mTorrに設定すると、処理室21の圧力は約1mTorrの雰囲気になる。この状態で放電を行うとプラズマ発生室22のプラズマ密度は、 5×10^9 (個/cm³) から 5×10^{10} (個/cm³) 程度と磁場がないものと比べ1桁程度高密度のものが得られる。また、処理室21は高真空に保たれており、微細パターンが形成できる。以上のように構成したエッチング装置を用いて、半導体製造におけるゲート回路のポリシリコン材料のエッチングを行ったところ、6インチの大きさの試料2をエッチング速度100nm/min、均一性5%で処理できた。実施の形態2の図4に示すようにリング状の永久磁石11の同心円の中心に円柱状の永久磁石13を配置することにより、さらにエッチング速度の均一性を向上させることができる。この場合、円柱状の永久磁石の表面磁場強度は、リング状の永久磁石の表面磁場強度3000ガウスより高く、あるいは低く設定することにより磁場の均一性を調整できる。その結果均一なプラズマがプラズマ発生室で生成されるので均一なエッチング行われる。また、上記の装置サイズと、リング状の永久磁石11の表面磁場強度を用いると、プラズマ発生室22で100ガウス以上、処理室21のステージ26近傍で20ガウス以下の磁場強度が形成される。その結果、プラズマ発生室22の電極25付近では、高磁場によりプラズマの生成が促進され高密度プラズマが維持され、加えて試料2付近は低磁場になるので、高速かつエッチングダメージが少ない高品質の処理が可能となる。

【0040】実施の形態6。図11はこの発明の実施の形態6のプラズマエッチング装置の概略を示す断面構成図である。23aはプラズマ発生室22に設置された隔壁板であり、高周波的に絶縁された支持部28aに固定

されている。隔壁板23aには第二の高周波電源27aから高周波が供給される。11はプラズマ発生室22の隔壁板23と相対する側に配置したリング状の磁石である。

【0041】さて、上記のように構成されたエッチング装置においても、実施の形態5と同様の方法によりエッチングが行われる。この場合プラズマ発生室22内では、隔壁板23aに印加された高周波により、隔壁板23aの近傍でプラズマの生成が行われる。また、高周波放電は隔壁板23aのプラズマ発生室22側と処理室21側で行われることになるが、プラズマ発生室22の圧力が処理室21に比べて大きいので、処理室21側での放電は少ない。さらに、プラズマ発生室22の隔壁板23aと相対する側に配置した磁石11により、プラズマ発生室22壁へのプラズマの拡散が抑制される。その結果、隔壁板23a近傍で生成されたプラズマの大部分は、損なわれることなく速やかに隔壁板23aから処理室21へ輸送されることになる。その結果、高密度プラズマにより試料2が高速でエッチングされる。

【0042】実施の形態7。図12はこの発明の実施の形態7のプラズマエッチング装置の概略を示す断面構成図である。プラズマ発生室22に設置された隔壁板23aは高周波的に絶縁された支持部28aに固定され、第二の高周波電源27aから高周波が供給される。プラズマ発生室22の隔壁板23aと相対する側に配置され、高周波的に絶縁された支持部28に固定された電極25には第一の高周波電源27から高周波が供給される。電極25の大気側にはリング状の磁石11が配設されている。

【0043】さて、上記のように構成されたエッチング装置においても、実施の形態5と同様の方法によりエッチングが行われる。この場合、プラズマ発生室22でのプラズマの生成は、第一の高周波電源27による電界と電極25近傍の磁石11によるE×Bドリフトにより電離が促進され、高密度プラズマが生成されるとともに、第二の高周波が印加された隔壁板23aの近傍でも生成が行われる。その結果、実施の形態5に比べより高密度のプラズマが生成されるので試料2が高速でエッチングされる。

【0044】実施の形態8。図13はこの発明の実施の形態8のプラズマエッチング装置の概略を示す断面構成図である。エッチングガスはガス導入管15から、駆動装置30により動作するパルスガス供給手段であるパルスガスバルブ29を介して、プラズマ発生室22に供給される。

【0045】さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、実施の形態5と同様の方法によりエッチングが行われる。この場合、パルスガスバルブ29は駆動装置30からの信号によりON、OFF動作する。パルスガスバルブ29がON状態で開いている間はガス

が導入され、OFF状態で閉じている間はガスの供給がストップされる。真空排気能力が一定であれば、パルスガスバルブ29の動作に伴って、プラズマ発生室22と処理室21の圧力が時間的に変化することになる。即ち、ガスが導入されるとプラズマ発生室22の圧力は一時的に上昇し、処理室21との圧力差が大きくなる。従って、実施の形態5に示した定常的なガス供給に比べると、プラズマ発生室22と処理室21との圧力差をより大きく保つことができる。例えば、実施の形態5に示した構成を用いて、エッチングガスの供給をパルス的に行うと、プラズマ発生室22の時間平均圧力を5mTorrに設定した場合、処理室21の時間平均圧力は約0.5mTorrの雰囲気になり、一桁以上の圧力差が得られる。よって、大口径の試料に対応して、大面積のプラズマを処理室21に導くために、隔壁板23の孔24を大きくして、且つ広い範囲に多数設けた場合でも、所定の圧力差を維持することができる。また、処理室21の雰囲気を高真空に維持できるので、プラズマ粒子の衝突、ランダムな動きが少なくなり、方向性の揃った粒子を試料に照射できる。試料面に垂直な方向成分を有するプラズマによる、垂直なエッチングと、マイクロローディング効果の少ない微細加工が可能となる。

【0046】実施の形態9。図14はこの発明の実施の形態9のプラズマエッチング装置の概略を示す断面構成図である。27bは処理室21から高周波的に絶縁されたステージ26に接続した第三の高周波電源である。

【0047】さて、上記のように構成されたエッチング装置においては、実施の形態5と同様の方法によりエッチングが行われる。この場合プラズマ発生室22で生成されたプラズマは処理室21に輸送され、試料2をエッチングする。ここで、ステージ26に高周波が印加されると、試料2近傍のプラズマ密度が変化することになる。即ち、試料2に高周波が印加されると、エッチング特性を決定する要因の一つであるプラズマ中のイオンエネルギーが変化することになる。その結果、ステージ26に印加する高周波を変えることにより試料の材質にあわせてエッチング特性を最適化することができる。

【0048】また、上記実施の形態ではエッチング装置について説明したが、プラズマCVD装置、プラズマスバッタ装置、に適用しても同様の効果が得られる。例えば、CVDガスとしてシラン系のSiH₄を導入すると、ガスが放電により分解されて試料上にシリコン堆積膜を形成することができる。

【0049】

【発明の効果】以上のように、この発明のプラズマ処理装置の第1の構成によれば、被処理物が載置される第一の電極と対向配置された第二の電極の背面側に、磁石を周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したので、試料近傍に形成される磁場の内、試料の口径に相対する

円周方向の磁場成分がなくなり、周方向に対しては磁場が均一となり、また径方向の磁場分布が波型となり、磁場強度の差が小さくなり、径方向の磁場分布も均一化されるため、プラズマが均一化される。大面積にわたり均一なプラズマを生成することができ、大口径の被処理物を均一に処理することができる。

【0050】第2の構成によれば第1の構成において、磁石が作る磁場強度を第二の電極付近では最大値が100 Gauss以上と高磁場としているので、プラズマの損失を低減でき、高密度プラズマが維持できる。しかも、第一の電極付近では20 Gauss以下と低磁場としているので、エッチングダメージが少ない高品質の処理が可能で、被処理物に形成されたデバイスに対する損傷を防止できる。大口径の被処理物を均一、かつ損傷を与えずに処理できる。

【0051】第3の構成によれば第1または第2の構成において、リング状の磁石の中心部に、例えば直方体あるいは円柱の磁石を配設したので、リング状の磁石の中心部分の磁場強度が増強され、径方向の磁場強度がより均一化される。より均一なプラズマが生成でき、大口径の被処理物を均一に処理できる。

【0052】第4の構成によれば第2の構成において、リング状の磁石の中心部に配設した磁石の表面磁場強度を上記リング状の磁石の表面磁場強度より大きくしたので、リング状の磁石の中心部分の磁場強度がさらに増強される。径方向の磁場強度がさらに均一化される。さらに均一なプラズマが生成でき、大口径の被処理物を均一に処理できる。

【0053】第5の構成によれば第1ないし第4の構成のいずれかにおいて、対向配置される第一、第二電極間で、上記両電極を包囲する外周部に、最外側に位置するリング状の磁石と隣合う極が、上記最外側のリング状磁石の極性と同じになるように磁石を配設したので、径方向のプラズマの壁方向への損失を低減できるとともに、さらにプラズマ密度の均一性を向上でき、均一な処理が可能となる。

【0054】また、第6の構成によれば、プラズマを生成するプラズマ発生室と、被処理物が配置される処理室とを複数の孔が開けられた隔壁板で分離して設け、プラズマの生成を高周波電力と磁石の磁場により行うようにしたので、生成されるプラズマ密度を高めることができ、高真空雰囲気での処理室で被処理物を高速で処理できる。

【0055】また、第7の構成によれば、第6の構成において、プラズマ発生室に隔壁板に対向して配置された電極に高周波電力を印加し、磁石を上記電極の背面側に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したので、高密度プラズマを大面積にわたり均一に生成でき、高真空雰囲気で大口径被処理物の均一高速処理が可能に

なる。

【0056】第8の構成によれば第9の構成において、隔壁板に対向配置された電極に第一の高周波電力を、上記隔壁板に第二の高周波電力を印加するようにしたので、第二の高周波が印加された隔壁板の近傍でも生成が行われ、生成されるプラズマ密度をより高めることができるので、被処理物が高速で処理ができる。

【0057】第9の構成によれば第6の構成において、隔壁板に高周波電力を印加し、磁石をプラズマ発生室の隔壁板に対向する位置に、周方向に同一の極性を有するリング状で、かつ径方向に隣合う極性が逆になるように同心円状に配置したので、高密度プラズマを大面積にわたり均一に生成でき、高真空雰囲気で大口径被処理物の均一高速処理が可能になる。

【0058】第10の構成によれば、第6ないし第9の構成のいずれかにおいて、プラズマ発生室へのガス導入をパルス的に行うようにしたので、所定のプラズマ発生室と処理室の圧力差を維持したまま、大面積のプラズマを処理室に輸送することができ、大口径被処理物の処理ができる。

【0059】第11の構成によれば、第6ないし第10の構成のいずれかにおいて、被処理物に印加した高周波により、被処理物に入射するイオンのエネルギー、プラズマ諸量を制御できるので、被処理物の材質にあわせてエッチング特性を最適化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図2】 この発明に係わるA1のエッチング速度と横方向磁場との関係を示す特性図である。

【図3】 この発明の実施の形態1の他の例のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図4】 この発明の実施の形態2のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図5】 この発明の実施の形態2と実施の形態1のエッチング装置における磁場強度の径方向分布を磁石配置と対応させて示す説明図である。

【図6】 この発明の実施の形態3のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図7】 この発明の実施の形態3の他の例のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図8】 この発明の参考例のエッチング装置における磁場強度の径方向分布を磁石配置と対応させて示す説明図である。

【図9】 この発明の実施の形態4のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図10】 この発明の実施の形態5のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図11】 この発明の実施の形態6のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図12】 この発明の実施の形態7のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図13】 この発明の実施の形態8のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

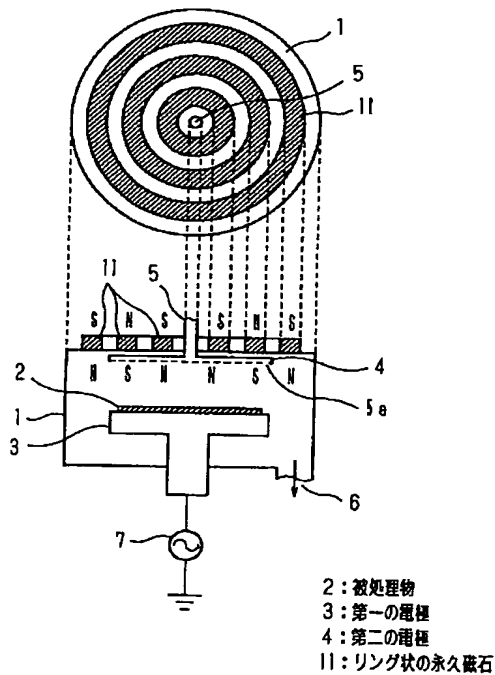
【図14】 この発明の実施の形態9のプラズマエッチング装置を示す断面構成図である。

【図15】 従来例のプラズマ処理装置を示す断面構成図である。

【図16】 他の従来例のプラズマ処理装置を示す断面構成図である。

【図17】 他の従来例のプラズマ処理装置におけるプラズマのドリフトを説明する説明図である。

【図1】

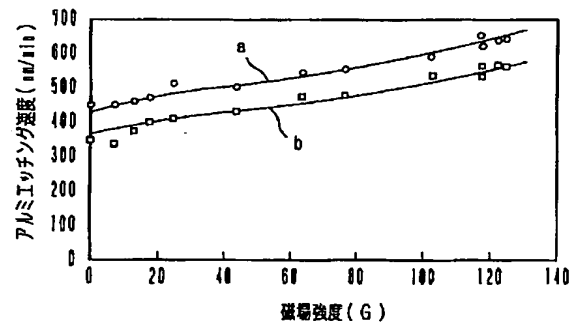


【図18】 従来のプラズマ処理装置のドライエッチング装置を示す概略構成図である。

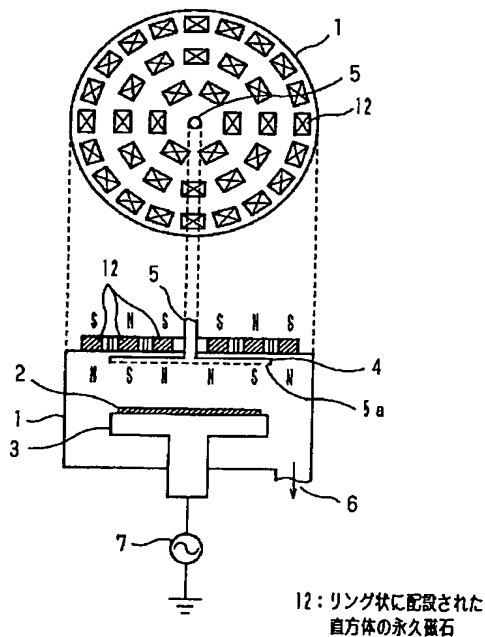
【符号の説明】

2 被処理物、3 第一の電極、4 第二の電極、7 高周波電源、11 リング状の永久磁石、12 リング状に配設された直方体の永久磁石、13 中心部永久磁石、14 周壁部永久磁石、21 処理室、22 プラズマ発生室、23, 23a 隔壁板、24 孔、25 電極、26 ステージ、27 高周波電源、27a 第二の高周波電源、27b 第三の高周波電源、29 パルスガスバルブ、30 駆動装置。

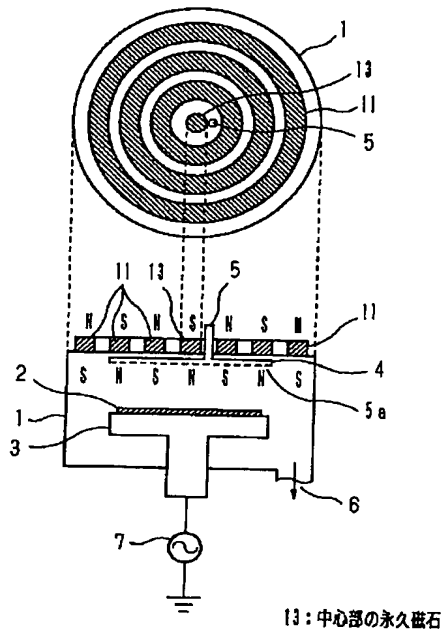
【図2】



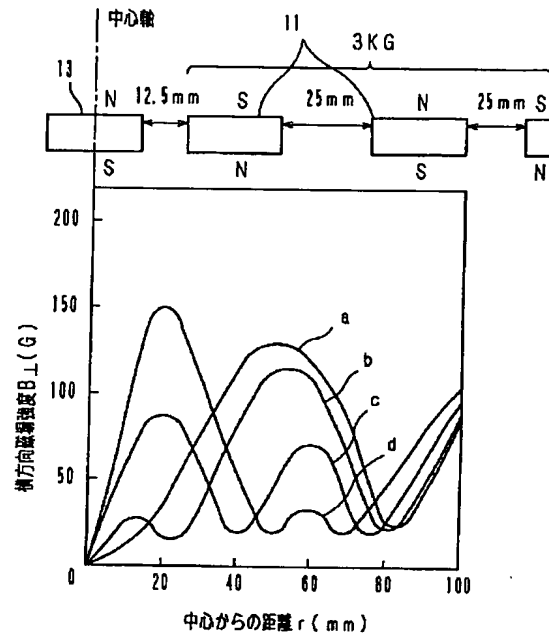
【図3】



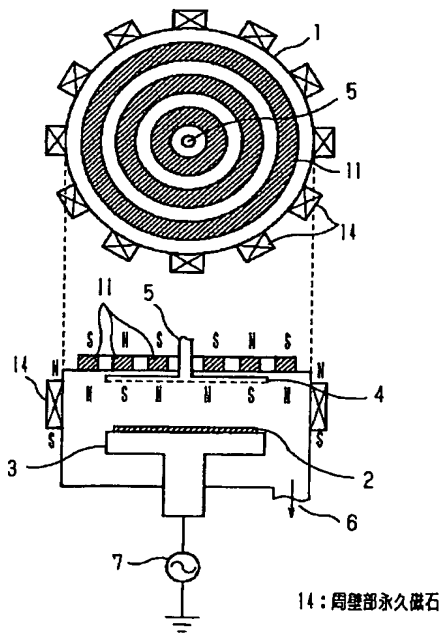
【図4】



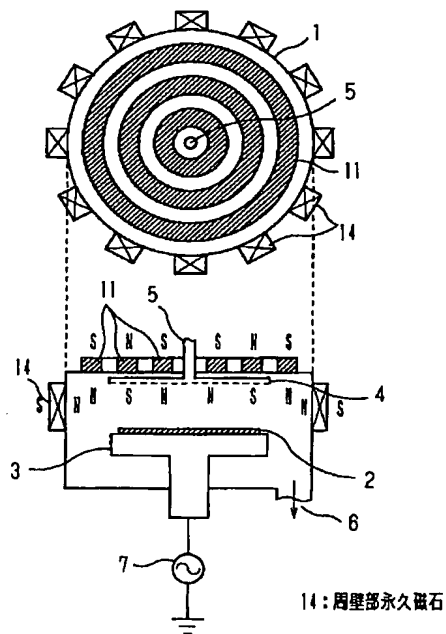
【図5】



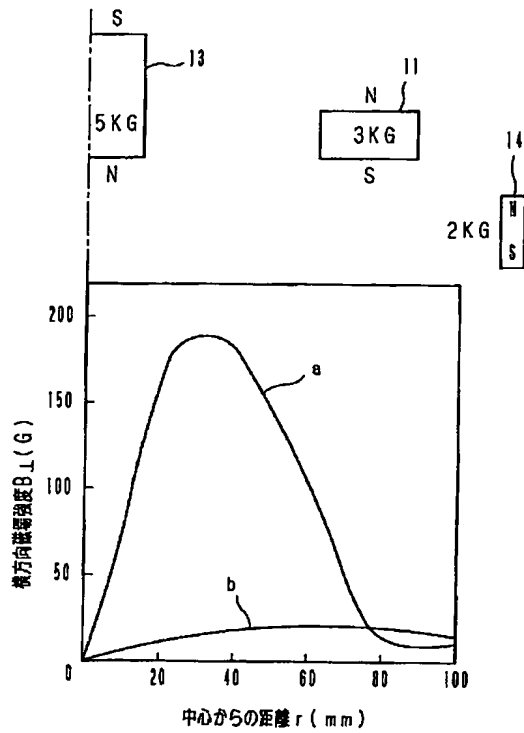
【図6】



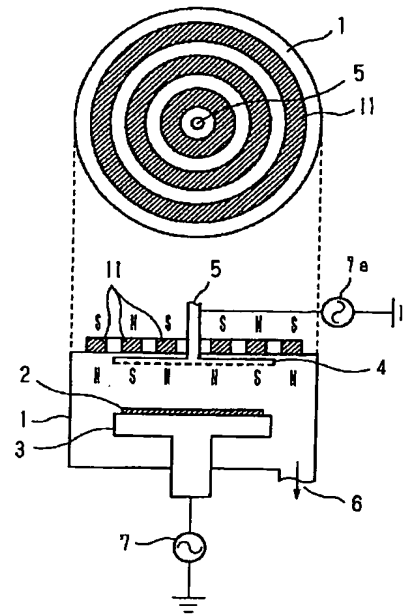
【図7】



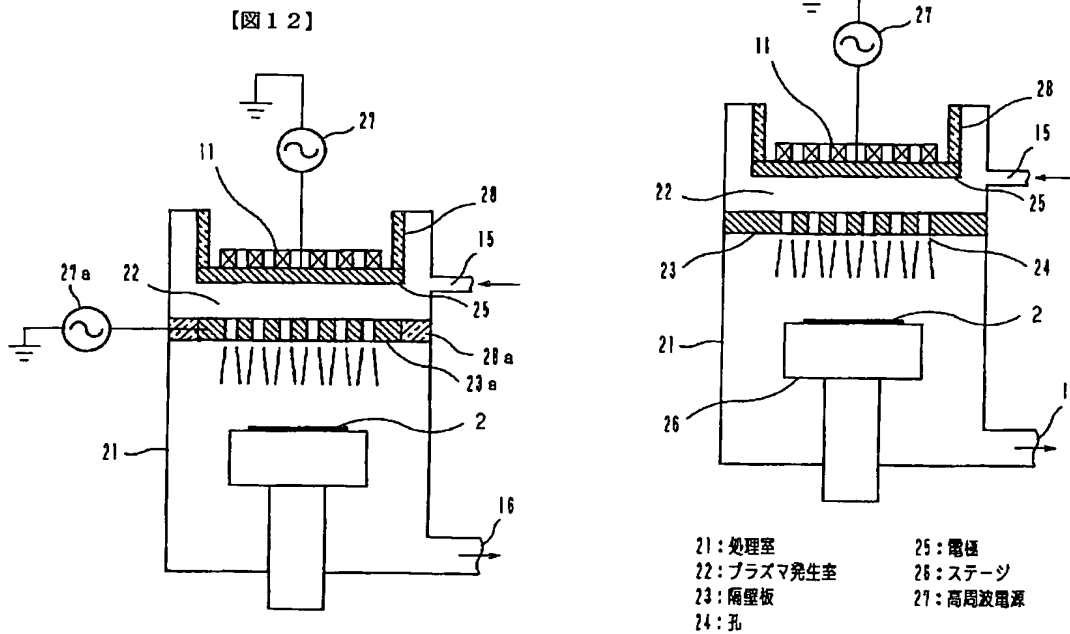
【図8】



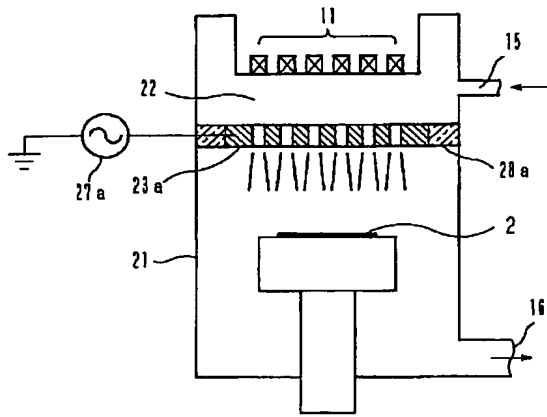
【図9】



【図10】

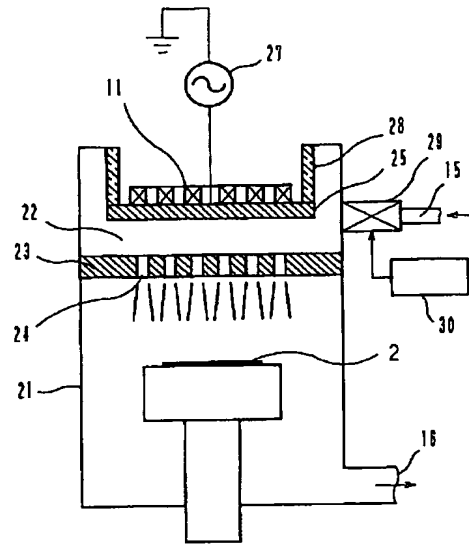


【図11】



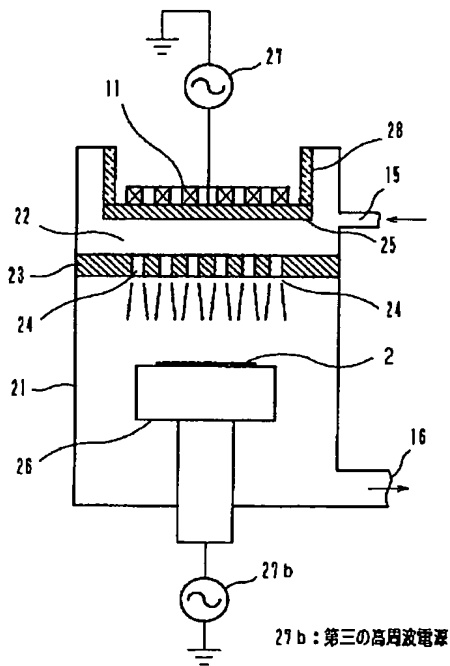
23a: 隔壁板
27a: 第二の高周波電源

【図13】



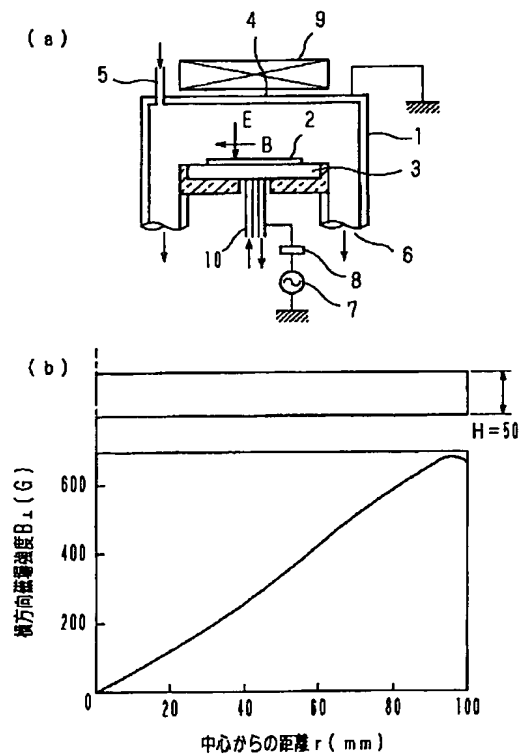
28: パルスガスバルブ
30: 駆動装置

【図14】

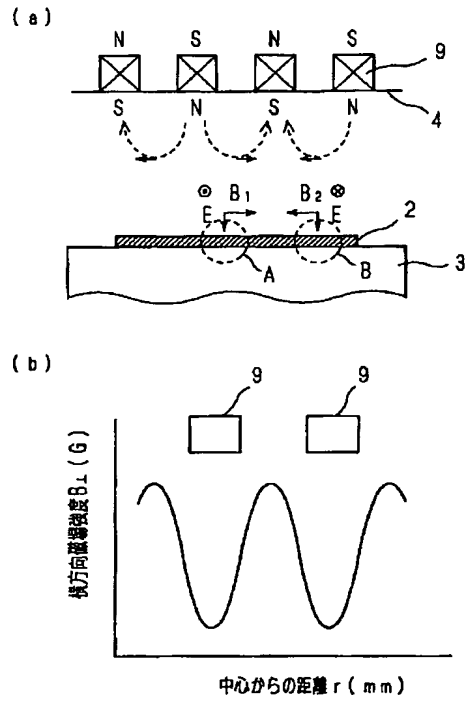


27b: 第三の高周波電源

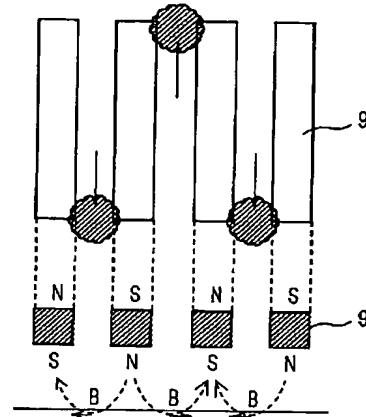
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

